

AN: PAT 1980-60689C  
TI: Turbine rotor for high pressure and satd. steam turbines  
made by successive electroslog remelting of two steel  
electrodes of different compsns.  
PN: **DE2906371-A**  
PD: 21.08.1980  
AB: The inlet zone of the rotor is made of a steel (I) with an  
upper intermediate structure and possessing the desired high  
creep strength. The outlet zone of the rotor is made of a steel  
(II) with a martensitic or lower intermediate structure and  
possessing the desired high yield point and toughness. A small  
transition zone with a mixed analysis due to both steels is  
present in the middle of the rotor. Steels are pref. chosen so  
that can be forged and hardened at the same temps. without  
impairing their properties. Steel (I) is pref. a CrMoV steel,  
whereas material (II) is pref. a NiCrMo(V) steel. The rotor is  
pref. forged from an ingot made by the successive electroslog  
remelting of two electrodes, the transition zone corresp. with  
the depth of the sump in electroslog remelting.;  
PA: (KLOC ) KLOECKNER WERKE AG;  
IN: AUSTEL W; HEYMANN H; NOERENBERG N;  
FA: **DE2906371-A** 21.08.1980;  
CO: DE;  
IC: B22D-015/00; C21C-005/52;  
MC: M21-K; M28-E; X11-A01A2; X25-A01; X25-Q;  
DC: M24; P53; X11; X25;  
PR: **DE2906371** 19.02.1979;  
FP: 21.08.1980  
UP: 25.08.1980

---

**This Page Blank (uspto)**

⑤① Int. Cl. 3 = Int. Cl.

Int. Cl. 2:

**C 21 C**  
B 22 D 15/06

①⑨ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES PATENTAMT**



**DE 29 06 371 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 29 06 371**

⑫

Aktenzeichen: P 29 06 371.6-24

⑬

Anmeldetag: 19. 2. 79

⑭

Offenlegungstag: 21. 8. 80

⑰

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

㉔

Bezeichnung: Turbinenläufer und Verfahren zu seiner Herstellung

㉖

Anmelder: Klöckner-Werke AG, 4100 Duisburg

㉗

Erfinder: Austel, Willi, Dr.-Ing., 4500 Osnabrück; Heymann, Hans, Dr.-Ing.,  
4506 Hagen; Noerenberg, Norbert, Dr.-Ing., 4500 Osnabrück;  
Jacks, Ortwin, Dipl.-Ing., 4513 Belm

Prüfungsantrag gem. § 28 b PatG ist gestellt

**DE 29 06 371 A 1**

2906371

A n s p r ü c h e

1. Turbinenläufer für Hochdruck- und Sattdampfturbinen aus Stahl mit einem oberen Zwischenstufengefüge im Eintrittsbereich und einem möglichst martensitischen bzw. unteren Zwischenstufengefüge im Austrittsbereich des Läufers, dadurch gekennzeichnet, daß der Eintrittsbereich aus einem Stahl einer ersten Qualität mit der gewünschten hohen Zeitstandsfestigkeit und der Austrittsbereich aus einem Stahl einer zweiten Qualität mit der gewünschten hohen Streckgrenze und Zähigkeit besteht, wobei in der Mitte des Läufers ein kleiner Übergangsbereich mit allmählichem Übergang mit einer Mischanalyse der beiden Stahlqualitäten existiert.
2. Turbinenläufer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Stahlqualitäten derart ausgewählt sind, daß sie ein Schmieden und Härten bei gleicher Temperatur ohne Qualitätsverschlechterung ermöglichen.
3. Turbinenläufer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Stahlqualität auf CrMoV-Basis und die zweite Stahlqualität auf NiCrMo(V)-Basis ausgewählt sind.
4. Turbinenläufer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Übergangsbereich zwischen den beiden Stahlqualitäten mindestens etwa der Sumpftiefe beim Elektro-Schlacke-Umschmelz-Verfahren entspricht.
5. Verfahren zur Herstellung von Turbinenläufern für Hochdruck- und Sattdampfturbinen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, nach dem Elektro-Schlacke-Umschmelz-Verfahren,

030034/0443

ORIGINAL INSPECTED

wobei eine Elektrode aus der gewünschten Stahlqualität durch Widerstandserhitzung unter einer flüssigen Schlackenschicht in eine Kokille abgeschmolzen wird, wonach der auf diese Weise hergestellte Block durch Schmieden, Härten, Anlassen und Bearbeiten weiterverarbeitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß hintereinander zwei Stahlqualitäten unter Ausbildung eines Übergangsbereichs mit allmählichem Übergang zwischen den beiden Stahlqualitäten abgeschmolzen werden, wobei zunächst eine Elektrode einer ersten Stahlqualität und unmittelbar danach eine Elektrode einer zweiten Stahlqualität in den noch nicht erstarrten Sumpf der ersten Stahlqualität abgeschmolzen werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden mit gesteuerter Abschmelzgeschwindigkeit abgeschmolzen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode zunächst mit erhöhter Abschmelzgeschwindigkeit abgeschmolzen und dann die Abschmelzgeschwindigkeit bis auf die normale Rate zurückgefahren wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Stahlqualitäten verwendet werden, die ein Schmieden und Härten bei gleicher Temperatur ohne Qualitätsverschlechterung ermöglichen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anlassen des Schmiedestücks bei verschiedenen Temperaturen für die beiden Stahlqualitäten vorgenommen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet,  
daß das Anlassen in einem Schachtofen vorgenommen  
wird, in dem eine Trennwand im Bereich des Über-  
gangsbereichs der beiden Stahlqualitäten angeordnet  
ist.

Turbinenläufer und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft einen Turbinenläufer für Hochdruck- und Satteldampfturbinen aus Stahl mit einem oberen Zwischenstufengefüge im Eintrittsbereich und einem möglichst martensitischen bzw. unteren Zwischenstufengefüge im Austrittsbereich des Läufers sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Turbinenläufers nach dem Elektro-Schlacke-Umschmelz-Verfahren, wobei eine Elektrode aus der gewünschten Stahlqualität durch Widerstandserhitzung unter einer flüssigen Schlackenschicht in eine Kokille abgeschmolzen wird, wonach der auf diese Weise hergestellte Block durch Schmieden, Härten, Anlassen und Bearbeiten weiterverarbeitet wird.

Warmfeste Turbinenläufer und insbesondere kombinierte Hochdruck-Niederdruck-Turbinenläufer müssen aufgrund der Eintrittstemperatur des Dampfes in die Hochdruckturbinen von etwa 500 bis 600°C im Eintrittsbereich eine hohe Zeitstandsfestigkeit und aufgrund ihrer Durchmesserergrößerung und gleichzeitigen Abnahme der Dampftemperatur bis auf etwa 300 bis 350°C im Austrittsbereich bis zum Kern durchgehend eine hohe Streckgrenze und Zähigkeit besitzen, während im Austrittsbereich die Zeitstandsfestigkeit aufgrund der Abnahme der Dampftemperatur keine so große Rolle mehr spielt. Bisher wurden derartige Turbinenläufer aus einer einzigen Stahlsorte hergestellt, wobei ein Kompromiß in der Stahlsorte hinsichtlich der verschiedenen Eigenschaften im Eintritts- bzw. Austrittsbereich geschlossen werden mußte. So wurde beispielsweise zu diesem Zweck ein Stahl der Sorte

030034/0443

28CrMoNiV 49 verwendet, wobei versucht wurde, in den beiden Bereichen ein unterschiedliches Gefüge durch entsprechende Wärmebehandlung zu erzeugen, um im Eintrittsbereich eine hohe Zeitstandsfestigkeit und im Austrittsbereich bis zum Kern eine hohe Streckgrenze und Zähigkeit zu erzielen. Wie bereits angedeutet, kann die jeweils eingesetzte Stahlsorte in keinem der Bereiche mit unterschiedlichen Anforderungen optimal ausgenutzt werden im Hinblick auf die erforderlichen technologischen Eigenschaften eines Turbinenläufers.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Turbinenläufer der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Werte hinsichtlich Zeitstandsfestigkeit einerseits und Streckgrenze und Zähigkeit andererseits gleichzeitig erhöht werden können.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß der Eintrittsbereich des Turbinenläufers aus einem Stahl einer ersten Qualität mit der gewünschten hohen Zeitstandsfestigkeit und der Austrittsbereich aus einem Stahl einer zweiten Qualität mit der gewünschten hohen Streckgrenze und Zähigkeit besteht, wobei in der Mitte des Läufers ein kleiner Übergangsbereich mit allmählichem Übergang mit einer Mischanalyse der beiden Stahlqualitäten existiert.

Ein derartiger Turbinenläufer kann nach dem Verfahren der eingangs genannten Art hergestellt werden, indem hintereinander zwei Stahlqualitäten unter Ausbildung eines kleinen Übergangsbereichs mit allmählichem Übergang zwischen den beiden Stahlqualitäten abgeschmolzen werden, wobei zunächst eine Elektrode einer ersten Stahlqualität und unmittelbar danach eine Elektrode einer zweiten Stahlqualität abgeschmolzen werden. Dies ist auch insofern vorteilhaft, da

ohnehin bei Einrichtungen zur Durchführung des Elektro-Schlacke-Umschmelz-Verfahrens Elektrodenwechseleinrichtungen normalerweise vorgesehen sind. Die Stahlqualität der zweiten Elektrode vermischt sich problemlos mit der ersten Stahlqualität in dem Sumpf, so daß auf diese Weise ein sauberer Übergang zwischen beiden Stahlqualitäten erzeugt wird. Dieser Übergangsbereich sollte nicht zu schmal sein und vorzugsweise wenigstens der Sumpftiefe beim Elektro-Schlacke-Umschmelz-Verfahren entsprechen. Um die Tiefe des Übergangsbereichs zu steuern, können die Elektroden mit gesteuerter Abschmelzgeschwindigkeit abgeschmolzen werden. Hierbei wird bevorzugt, wenn die zweite Elektrode zunächst mit erhöhter Abschmelzgeschwindigkeit abgeschmolzen und dann die Abschmelzgeschwindigkeit auf die normale Rate zurückgefahren wird, worauf der verbleibende Teil der zweiten Elektrode mit normaler Abschmelzgeschwindigkeit abgeschmolzen wird. Hierdurch ergibt sich zunächst eine Vergrößerung der Sumpftiefe mit größer werdender Vermischung zwischen den beiden Stahlqualitäten, die dann bis zu dem Sumpf mit relativ niedriger Sumpftiefe abnimmt, worauf praktisch nur noch die zweite Stahlqualität folgt. Die Vermischungstiefe zwischen den beiden Stahlqualitäten ist im Kernbereich des gebildeten Blocks größer als im Randbereich.

Es ist wichtig, daß relativ ähnliche Stahlqualitäten zusammen verwendet werden, bei denen sich ein im wesentlichen homogenes Mischgefüge im Übergangsbereich ergibt, damit ein nachfolgendes Schmieden sowie eine Wärmebehandlung ermöglicht werden, ohne daß es zu Rißbildungen oder dgl. kommt.

Vorzugsweise werden die beiden Stahlqualitäten derart ausgewählt, daß sie ein Schmieden und Härten bei gleicher Temperatur ohne Qualitätsverschlechterung ermöglichen,

030034/0443

wohingegen ein Anlassen des Schmiedestücks nicht bei insgesamt gleicher Temperatur Voraussetzung ist, da ein Anlassen des Schmiedestücks bei verschiedenen Temperaturen für die beiden Stahlqualitäten problemloser durchgeführt werden kann, indem beispielsweise ein Anlassen in einem Schachtofen vorgenommen wird, in dem eine Trennwand im Bereich des Übergangsbereiches der beiden Stahlqualitäten angeordnet ist, während die Brenner im Schachtofen zu beiden Seiten der Trennwand auf jeweils eine andere Anlasstemperatur eingestellt werden können.

Für einen Turbinenläufer wird die erste Stahlqualität für den Eintrittsbereich des Dampfes auf CrMoV-Basis, insbesondere 30 CrMo(Ni)V 5,11, und die zweite Stahlqualität für den Austrittsbereich des Dampfes auf NiCrMo(V)-Basis, insbesondere 28 NiCrMoV 11.5, ausgewählt.

030034/0443